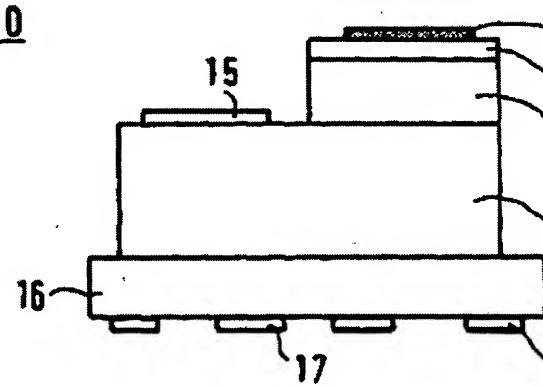


**Gas sensor used for detecting hydrogen comprises pn-diode having sequence of p-n-doped semiconductor layers, and devices for determining electrical resistance of semiconductor**

**Patent number:** DE10031549  
**Publication date:** 2002-01-17  
**Inventor:** MUELLER GERHARD (DE); SCHALWIG JAN (DE); STUTZMANN MARTIN (DE)  
**Applicant:** DAIMLER CHRYSLER AG (DE)  
**Classification:**  
- **international:** G01N27/04; G01R27/02  
- **european:** G01N33/00D2D4H; G01N27/12  
**Application number:** DE20001031549 20000628  
**Priority number(s):** DE20001031549 20000628

**Abstract of DE10031549**

A gas sensor for detecting hydrogen comprises a sequence of p- and n-doped semiconductor layers (11, 12, 13); devices (15) for determining the electrical resistance of the semiconductor layers; and a sensitive layer (14) which influences the electrical resistance of the semiconductor layers depending on the hydrogen concentration in the gas under investigation. The gas sensor is a pn-diode. An Independent claim is also included for a process for detecting hydrogen in which a semiconductor element (10) (a pn-diode) having a sensitive layer is brought into contact with a gas and the electrical resistance is measured. Preferred Features: The gas sensor is made from a semiconductor material having large band gaps, especially SiC and/or group III nitrides. The semiconductor layers are doped so that a layer sequence gate-p-n-n<+> is present in the gas sensor and the gate is formed by the sensitive layer.





⑩ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ Offenlegungsschrift  
⑩ DE 100 31 549 A 1

④ Int. Cl. 7:  
G 01 N 27/04  
G 01 R 27/02

⑪ Aktenzeichen: 100 31 549.6  
⑫ Anmeldetag: 28. 6. 2000  
⑬ Offenlegungstag: 17. 1. 2002

DE 100 31 549 A 1

⑪ Anmelder:

DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart, DE

⑦ Erfinder:

Müller, Gerhard, Dr.rer.nat., 85567 Grafing, DE;  
Schalwig, Jan, Dipl.-Phys., 80797 München, DE;  
Stutzmann, Martin, Prof. Dr., 85748 Garching, DE

⑮ Entgegenhaltungen:

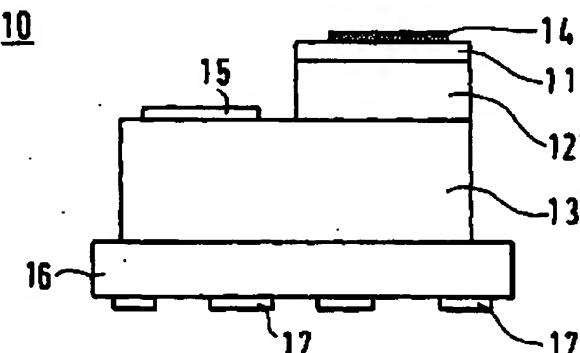
US 55 91 321

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑭ Gassensor und Verfahren zur Detektion von Wasserstoff

⑮ Zur Detektion von Wasserstoffen wird ein Gassensor (10) bereitgestellt, der eine Folge von p- und n-dotierten Halbleiterschichten (11, 12, 13) umfasst sowie Mittel (15) zur Bestimmung des elektrischen Widerstands der Halbleiterschichten (11, 12, 13). Durch eine sensible Schicht (14), die ein Edelmetallkatalysator ist, wird in Abhängigkeit von der Wasserstoffkonzentration in einem zu messenden Gas der elektrische Widerstand der Halbleiterschichten (11, 12, 13) beeinflusst. Dabei ist der Gassensor (10) als pn-Diode ausgestaltet, wobei Wasserstoff, der in die p<sup>+</sup>-Schicht (11) hineindiffundiert, eine Akzeptorpassivierung verursacht und beim Betrieb der pn-Diode in Sperrrichtung einen Stromfluss bewirkt, der als Sensorsignal dient.



DE 100 31 549 A 1

## Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen Gassensor zur Detektion von Wasserstoff gemäß dem Oberbegriff von Patentanspruch 1 und ein Verfahren zur Detektion von Wasserstoff gemäß dem Oberbegriff von Patentanspruch 13.

[0002] Die Detektion von Wasserstoff ist in vielen Bereichen der Industrie zur Prozesskontrolle oder Überwachung notwendig, beispielsweise im Bereich der chemischen Industrie oder auch beim Betrieb von Brennstoffzellen. Hierzu sind Halbleiter-Sensoren mit Edelmetallen als sensitive Schicht bekannt, die zumeist kostengünstig herstellbar sind.

[0003] Derartige Halbleiter-Sensoren umfassen z. B. Halbleiterbauelemente mit einer gassensitiven Gate-Elektrode. Dabei können z. B. Metall-Oxid-Halbleiter-Feldeffekttransistoren (MOSFET) oder auch Metallhalbleiter-Feldeffekttransistoren (MESFET) verwirklicht sein. Die sensitive Schicht formt dabei je nach Bauform entweder einen Schottky-Kontakt (MESFET) oder eine MIS-Struktur (MOSFET) mit einer darunterliegenden n- oder p-leitenden Halbleiterschicht. Bei einem derartigen Aufbau führt eine Potentialänderung an der Gate-Elektrode zu einer Veränderung des elektronischen Gleichgewichtszustands in der n- oder p-leitenden Halbleiterschicht und damit zu einer Veränderung eines Stromes, der über Source- und Drain-Kontakte abgegriffen werden kann. Zur lokalen Begrenzung des Stromes sind derartige Halbleiter-Bauelemente auf einem Substrat aus einem semi-isolierenden Halbleitermaterial aufgebracht.

[0004] In der Druckschrift DE 44 03 152 A1 ist ein Gassensor beschrieben, der analog einem Feldeffekttransistor aufgebaut ist. Der Feldeffekttransistor umfasst einen n- oder p-dotierten Halbleiter, eine Quelle, eine Senke, sowie eine geeignete Kontaktierung. Dabei ist eine gasdurchlässige Gate-Metallisierung vorgesehen, die eine Äquipotentialfläche bildet. Der Gassensor ist 3-polig ausgestaltet.

[0005] Die an der sensitiven Schicht adsorbierenden Gasmoleküle führen zu einer Veränderung der Austrittsarbeit dieser Schicht und damit zu einer Beeinflussung des Source-Drain-Stromes. Je nach Art der sensitiven Schicht lassen sich dadurch verschiedene Gase wie z. B. H<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub>, Kohlenwasserstoffe usw. in einem Trägergas wie beispielsweise Luft, detektieren. Entscheidenden Einfluss hat dabei die an der sensitiven Schicht herrschende Temperatur, da viele Adsorptionsprozesse mit einer chemischen, thermisch aktivierten Reaktion verbunden sind. Viele technologisch wichtige Gase, wie z. B. CO, HC's und NO<sub>x</sub> lassen sich hingegen erst bei Temperaturen von über 300°C effektiv detektieren. Dabei besteht jedoch das Problem, dass diese Temperatur über der maximalen Betriebstemperatur vieler Halbleitermaterialien liegt. Mit Halbleitern wie Silizium oder GaAs, InSb, InP lassen sich in der Regel nur selektive Wasserstoff-Sensoren realisieren, da H<sub>2</sub> bereits bei niedrigen Temperaturen ab ca. 20°C nachweisbar ist.

[0006] Besonders für den Dauerbetrieb bei hohen Temperaturen, d. h. ab 200° und mehr, besteht das weitere Problem einer geringen Selektivität in Bezug auf ein bestimmtes Gas, sowie hoher Querempfindlichkeiten zu anderen Gasen, die gleichzeitig in der Atmosphäre vorhanden sind. Insbesondere bei den eingangs beschriebenen Feldeffekttransistoren besteht keine ausreichende Selektivität auf Wasserstoff im Messbetrieb bei hohen Temperaturen. Darüberhinaus handelt es sich um 3 Pol-Bauelemente, was einen erhöhten meßtechnischen und prozeßbedingten Aufwand erfordert.

[0007] Weiterhin werden MOS-Strukturen als Gassensoren eingesetzt. Bei kapazitiv ausgelesenen MOS-Strukturen besteht jedoch ebenfalls das Problem eines hohen messtechnischen Aufwands. Damit ergeben sich bei diesen Struktu-

ren höhere Kosten.

[0008] Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen Gassensor zur Detektion von Wasserstoff zu schaffen, der kostengünstig herstellbar ist, eine hohe Selektivität in Bezug auf Wasserstoff aufweist und insbesondere für den Betrieb bei hohen Temperaturen ausgelegt werden kann. Weiterhin soll ein Verfahren zur Detektion von Wasserstoff angegeben werden, mit dem eine möglichst genaue Detektion von Wasserstoff bzw. der Wasserstoffkonzentration auch in komplexen Gasgemischen möglich ist. Dabei soll das Verfahren z. B. auch unter hohen Umgebungs- bzw. Betriebstemperaturen durchführbar sein.

[0009] Diese Aufgabe wird gelöst durch den Gassensor zur Detektion von Wasserstoff gemäß Patentanspruch 1 und das Verfahren zur Detektion von Wasserstoff gemäß Patentanspruch 13. Weitere vorteilhafte Merkmale und Details der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen, der Beschreibung und den Figuren.

[0010] Der erfindungsgemäße Gassensor zur Detektion von Wasserstoff umfasst eine feste Folge von p- und n-dotierten Halbleiterschichten, Mittel zur Bestimmung des elektrischen Widerstands der Halbleiterschichten, und eine sensitive Schicht, die in Abhängigkeit von der Wasserstoffkonzentration in einem zu messenden Gas den elektrischen Widerstand der Halbleiterschichten beeinflusst, wobei der Gassensor als pn-Diode ausgestaltet ist. Der Gassensor hat eine hohe Selektivität für Wasserstoff, ist kostengünstig herstellbar und ermöglicht einen einfachen Messbetrieb. Der Gassensor kann weiterhin für hohe Temperaturen ausgelegt werden und er erfordert zudem keinen hohen Aufwand bei der Aufbau und Verbindungstechnik bei geeigneter Materialwahl. Insbesondere trägt auch seine Ausgestaltung als 2-Pol-Bauelement zur Einsparung von Kosten bei der Herstellung und Messung und zur vereinfachten Anwendung bei.

[0011] Bevorzugt ist der Gassensor aus einem Halbleitermaterial mit großer Bandlücke gefertigt, insbesondere aus SiC oder aus einem Material aus Gruppe III-Nitriden, wie z. B. GaN, AlN, InN. Damit ist ein Messbetrieb bei hohen Temperaturen, beispielsweise über 300°C oder auch bei Temperaturen von 350°C und mehr möglich. Dennoch ist durch die Ausgestaltung als pn-Diode eine hohe Selektivität für Wasserstoff bei der Messung in einem komplexen Gasgemisch gegeben.

[0012] Vorteilhafterweise sind die Halbleiterschichten derart dotiert, dass im Gassensor eine Schichtfolge Gate-p-n-n+ vorliegt, wobei das Gate durch die sensitive Schicht gebildet wird. Die p-Schicht kann hochdotiert (p<sup>+</sup>) oder auch niedrigdotiert sein.

[0013] Die sensitive Schicht kann sich z. B. in direktem Kontakt mit der p-leitenden Schicht der pn-Diode befinden. Damit ergibt sich ein besonders einfacher Aufbau des Gassensors.

[0014] Vorteilhafterweise ist die Dotierung und die Dicke der p-leitenden Schicht so gewählt, dass der Einfluss von Austrittsarbeitsänderungen durch Adsorption an der sensitiven Schicht zumindest weitgehend bzw. im wesentlichen eliminiert ist. Dadurch wird es möglich, dass nur noch der Einfluss einer Wasserstoffpassivierung in dem Halbleitermaterial nachgewiesen wird, d. h. es wird eine hohe Selektivität für Wasserstoff erreicht, während sich andere Gase im Messsignal nicht mehr oder kaum noch bemerkbar machen.

[0015] Alternativ zum direkten Kontakt zwischen sensitiver Schicht und p-leitender Schicht ist es möglich, zwischen der sensitiven Schicht und der p-leitenden Schicht eine zusätzliche n<sup>+</sup>-Schicht auszubilden. Dadurch wird die Selektivität für Wasserstoff noch weiter erhöht. Die Dotierung und die Dicke der zusätzlichen hochdotierten n<sup>+</sup>-Schicht ist bevorzugt so gewählt, dass atomarer Wasserstoff zur darunter-

liegenden p-leitenden Schicht diffundieren kann, wobei der Einfluss von Austrittsarbeitsänderungen durch Adsorption an der Oberfläche der sensiven Schicht weitgehend eliminiert ist. Dadurch kann der Wasserstoff die Akzeptoren in der p-leitenden Schicht passivieren und die Dotierung und Dicke kann unabhängig vom Einfluss der Austrittsarbeit gewählt werden.

[0016] Die p-leitende Schicht kann direkt über die sensitive Schicht oder auch über eine zusätzliche Verbindungs-metallisierung elektrisch kontaktiert sein. Die n-leitende Schicht der pn-Diode ist z. B. über einen ohmschen Kontakt mit der niederohmigen n<sup>+</sup>-Schicht elektrisch kontaktiert.

[0017] Die sensitive Schicht ist bevorzugt aus einem Edelmetall gefertigt, beispielsweise aus Platin, Palladium oder einem zeolithischen Material. Sie bildet einen Katalysator, der den Wasserstoff im Unterschied zu den anderen oben genannten Gasen crackt und in atomarer bzw. ionischer Form absorbiert. Der Wasserstoff kann daher in die sensitive Schicht eindringen und bis in den Halbleiter diffundieren. Bevorzugt sind im Halbleitermaterial Dotieratome wie z. B. Magnesium oder Bor vorhanden, die dort als Akzeptoren wirken und durch den eindringenden Wasserstoff passiviert werden. Die Dotieratome, die zunächst als Akzeptoren wirken und zu einer p-Leitfähigkeit im Material führen, werden also passiviert, wobei eine Änderung des Leitungstyps von p- auf n-Leitfähigkeit erfolgt. Magnesium lässt sich insbesondere in p-leitendem GaN durch Wasserstoff passivieren, während sich Bor-Akzeptoren z. B. in Si oder SiC durch Wasserstoff passivieren lassen.

[0018] Bevorzugt ist der Gassensor aus GaN, AlN, InN, Si und/oder SiC gefertigt.

[0019] Gemäß einem anderem Aspekt der Erfindung wird ein Verfahren zur Detektion von Wasserstoff angegeben, bei dem ein Halbleiter-Bauelement, das eine sensitive Schicht umfasst, mit einem zu messenden Gas in Kontakt gebracht wird und der elektrische Widerstand des Halbleiter-Bauelements gemessen wird, dadurch gekennzeichnet, dass als Halbleiter-Bauelement eine pn-Diode verwendet wird. Durch lässt sich das Verfahren einfach und kostengünstig durchführen, wobei eine hohe Selektivität für Wasserstoff gewährleistet ist und durch geeignete Materialien auch bei hohen Temperaturen durchgeführt werden kann.

[0020] Vorteilhafterweise wird das Verfahren bei einer Temperatur von über 100°C durchgeführt, bevorzugt über 300°C, beispielsweise auch im Bereich bis ca. 700°C. Besonders bevorzugt wird das Verfahren bei einer Temperatur im Bereich von ca. 350°C–500°C durchgeführt.

[0021] Vorteilhafterweise wird die pn-Diode in Sperrrichtung betrieben. In diesem Fall kommt es bei Anwesenheit von Wasserstoff in der Atmosphäre aufgrund der Akzeptor-passivierung zur Reduzierung des eingebauten Potentials der pn-Diode und damit zu einem erhöhten Stromfluss zwischen den beiden Kontakten. Der Stromfluss dient somit als Sensorsignal und ist bei Anwesenheit von Wasserstoff in der Atmosphäre größer als bei dessen Abwesenheit.

[0022] Vorteilhafterweise wird das erfundungsgemäße Verfahren mit einem erfundungsgemäßen Gassensor durchgeführt.

[0023] Die Erfindung wird nachfolgend anhand der Figuren beispielhaft beschrieben. Dabei zeigen:

[0024] Fig. 1 einen schematischen Aufbau einer bevorzugten Ausführungsform des erfundungsgemäßen Gassensors;

[0025] Fig. 2 ein Diagramm, das den Stromfluss durch eine GaN-pn-Diode als Gassensor in Abhängigkeit von der Wasserstoffkonzentration in einem zu messenden Gas zeigt;

[0026] Fig. 3 einen schematischen Aufbau eines erfin-

dungsgemäßen Gassensors gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung.

[0027] Fig. 1 zeigt als bevorzugte Ausführungsform einen Gassensor 10, der aus einer Folge von übereinanderliegenden Schichten 11, 12, 13 aus Halbleitermaterial gebildet ist. In der hier gezeigten Ausführungsform bestehen die Schichten 11, 12, 13 aus GaN, wobei die oberste Schicht 11 als p<sup>+</sup>-Schicht ausgebildet ist, d. h., sie ist eine stark dotierte, p-leitende Halbleiterschicht. Unter der p<sup>+</sup>-Schicht 11 und in direktem Kontakt dazu ist eine n-Schicht 12 ausgebildet. Unterhalb der n-Schicht 12 und in direktem Kontakt dazu befindet sich eine n<sup>+</sup>-Halbleiterschicht 13, die als hochdotierte n-Schicht ausgebildet ist. Die p-leitende Schicht 11 aus GaN ist mit Magnesium dotiert, die eine Akzeptorpassivierung beim Vorhandensein von Wasserstoff erfährt, wobei sich der Leitungstyp von p- auf n-Leitfähigkeit ändert.

[0028] Oberhalb der p-Schicht 11 und in direktem Kontakt dazu ist eine sensitive Schicht 14 angeordnet, die aus einem Edelmetall, im vorliegenden Fall Platin, gefertigt ist. Die sensitive Schicht 14 kann z. B. auch aus Palladium, anderen Edelmetallen oder zeolithischen Materialien gefertigt sein. Die sensitive Schicht 14 dient dazu, Wasserstoffmoleküle in einem zu messenden Gas zu cracken, so dass sich atomarer Wasserstoff bildet, der in die darunterliegende p-Schicht 11 diffundiert und die dort vorhandenen Dotieratome, die im entsprechenden Halbleiter als Akzeptoren wirken und zu einer p-Leitfähigkeit im Material führen, passiviert. Auf einem Teilbereich der untergelegenen n<sup>+</sup>-Schicht 13, der nicht von der n-Schicht 12 bedeckt ist, ist ein elektrischer Kontakt 15 ausgebildet. Der Kontakt 15 bzw. die Kontaktierung der n-leitenden Schicht wird 73 aus einer Schichtfolge von Ti und Au gebildet so dass ein temperaturstabiler ohmscher Kontakt mit der unterliegenden, niederohmigen n<sup>+</sup>-Schicht vorliegt. Die p<sup>+</sup>-Schicht 11 ist im hier gezeigten Ausführungsbeispiel direkt über die chemisch aktive bzw. sensitive Schicht 14 kontaktiert. Es ist aber auch möglich, die p<sup>+</sup>-Schicht 11 über eine Verbindungs-metallisierung samt Bondpad, die mit der sensitiven Schicht 14 in elektrischem Kontakt steht, zu kontaktieren.

[0029] Die verschiedenen n- bzw. p-dotierten Halbleiterschichten 11, 12, 13 bilden mit der sensitiven Schicht 14 und dem Kontakt 15 eine pn-Diode, die als Wasserstoffsensor verwendbar ist. Es liegt also ein 2-Pol-Bauelement mit lateralem Stromfluss vor. Die pn-Diode ist an ein Substrat 16 gekoppelt, das semi-isolierende Eigenschaften hat. Die Schichtfolge des Gassensors ist Gate-p-n-n<sup>+</sup>. Bei geeigneter Wahl der Dotierung und der Dicke der p-leitenden Halbleiterschicht 11 lässt sich der Einfluss der Austrittsarbeitsänderung durch Adsorption an der Oberfläche der sensitiven Schicht 14 eliminieren und somit nur noch der Einfluss der Wasserstoffpassivierung nachweisen.

[0030] Ein Heizmäander 17 ist an der Unterseite des Substrats 16 ausgebildet, um das Substrat zu heizen. Der Heizmäander 17 kann z. B. als Dickschicht oder Dünnenschicht ausgestattet sein.

[0031] Wird die Diode in Sperrrichtung betrieben, so kommt es bei Anwesenheit von Wasserstoff in der Atmosphäre aufgrund der Akzeptorpassivierung zur Reduzierung des eingebauten Potentials der pn-Diode und damit zu einem erhöhten Stromfluss zwischen den beiden Kontakten 14, 15, d. h. der Stromfluss ist im Vergleich zur Abwesenheit von Wasserstoff in der Atmosphäre erhöht und dient somit als Sensorsignal.

[0032] Der Gassensor kann aus Halbleitern wie Silizium oder III/IV-Halbleitern, beispielsweise GaAs, InSb, InP gebildet sein. Für einen Dauerbetrieb bei hohen Temperaturen werden z. B. Wide-Band-Gap Halbleiter, d. h. Halbleiter mit großer Bandlücke verwendet, insbesondere SiC oder

Gruppe III-Nitride wie GaN, AlN oder InN. Zur Akzeptor-passivierung eignen sich neben Magnesium in p-leitendem GaN z. B. auch Bor in Silizium oder SiC.

[0033] Fig. 2 zeigt das Ergebnis einer Messung der Wasserstoff-Sensitivität der in Fig. 1 gezeigten GaN-pn-Diode bei einer Temperatur von 350°C. Dabei wurde in einem Trägergas, das aus synthetischer Luft besteht und 20% Sauerstoff sowie 80% Stickstoff umfasst, die Sensitivität auf Wasserstoffpulse in Konzentrationen von 0,2% bis 1,2% gemessen. Dabei zeigt sich, dass Wasserstoffkonzentrationen von 0,2% bis 1,2% in einem Gasgemisch klar detektierbar sind. Die Messung erfolgte bei einer konstanten Sperrspannung von 0,5 V.

[0034] Die starke Erhöhung des Stromflusses zwischen den beiden Kontakten 14 und 15 des Gassensors 10 bei Anwesenheit von Wasserstoff in der Atmosphäre ist auf einen Zusammenbruch der Raumladungszone aufgrund der Akzeptorpassivierung zurückzuführen, der als Sensorsignal dient. Dabei erfolgt der Betrieb der pn-Diode in Sperrrichtung, wobei der Edelmetallkatalysator bzw. die sensitive Schicht 14 als Kontaktierung der p-leitenden Schicht 11 dient.

[0035] Als weitere Ausführungsform der Erfindung zeigt Fig. 3 einen Gassensor 20 in schematischer Darstellung. Im Unterschied zum ersten Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 umfasst der Gassensor 20 gemäß Fig. 3 eine zusätzliche n<sup>+</sup>-Schicht 21 unterhalb des sensiven Gates bzw. der sensiven Schicht 14. Durch eine geeignete hohe Dotierung der n<sup>+</sup>-Schicht 21 ergibt sich ein ohmscher Kontakt zu dem sensiven Gate und damit wiederum die Eliminierung des Einflusses von Austrittsarbeitsänderungen durch Adsorption an der sensiven Schicht 14. Atomarer Wasserstoff hingegen kann durch die dünne n<sup>+</sup>-Schicht 21 zur p-leitenden Schicht 11 diffundieren und dort die Akzeptoren passivieren. Im Vergleich zur pn-Diode gemäß Fig. 1 kann die Dotierung und Dicke nun unabhängig vom Einfluss der Austrittsarbeit gewählt werden.

[0036] Der weitere Aufbau des Wasserstoff bzw. Gassensors 20 entspricht im wesentlichen dem in Fig. 1 gezeigten Gassensor 10, wobei funktions- oder wesensgleiche Elemente durch gleiche Bezugssymbole gekennzeichnet sind.

[0037] Der erfundungsgemäße Gassensor dient zur Detektion von Wasserstoff, wobei er äußerst geringe Querempfindlichkeiten zeigt bzw. eine hohe Selektivität in Bezug auf Wasserstoff aufweist. Auch bei Verwendung von Wide-Band-Gap Halbleitern für den Einsatz bei hohen Betriebstemperaturen ist beim erfundungsgemäßen Aufbau des Gassensors eine hohe Selektivität auf Wasserstoff gewährleistet. Als 2-Pol-Bauelement kann der Wasserstoffsensor kostengünstig hergestellt und im Messbetrieb eingesetzt werden.

[0038] Der Sensor erlaubt eine einfache, stabile Signalauswertung bei geringem prozesstechnischem Aufwand.

#### Patentansprüche

1. Gassensor zur Detektion von Wasserstoff, mit einer Folge von p- und n-dotierten Halbleiterschichten (11, 12, 13),

Mitteln (15) zur Bestimmung des elektrischen Widerstands der Halbleiterschichten (11, 12, 13), und einer sensiven Schicht (14), die in Abhängigkeit von der Wasserstoffkonzentration in einem zu messenden Gas den elektrischen Widerstand der Halbleiterschichten (11, 12, 13) beeinflusst, dadurch gekennzeichnet,

dass der Gassensor als pn-Diode ausgestaltet ist.

2. Gassensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass er aus einem Halbleitermaterial mit großer

Bandlücke gefertigt ist, insbesondere aus SiC und/oder aus Gruppe III-Nitriden.

3. Gassensor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Halbleiterschichten (11, 12, 13) derart dotiert sind, dass im Gassensor eine Schichtfolge Gate-p-n-n<sup>+</sup> vorliegt, wobei das Gate durch die sensible Schicht (14) gebildet wird.

4. Gassensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sich die sensible Schicht (14) in direktem Kontakt mit der p-leitenden Schicht (11) der pn-Diode befindet.

5. Gassensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Dotierung und die Dicke der p-leitenden Schicht (11) so gewählt ist, dass der Einfluss von Austrittsarbeitsänderungen durch Adsorption an der Oberfläche der sensiven Schicht (14) weitgehend eliminiert ist.

6. Gassensor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen der sensiven Schicht (14) und der p-leitenden Schicht (11) eine zusätzliche n<sup>+</sup>-Schicht (21) ausgebildet ist.

7. Gassensor nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Dotierung und die Dicke der zusätzlichen n<sup>+</sup>-Schicht (21) so gewählt ist, dass atomarer Wasserstoff zur darunterliegenden p-leitenden Schicht (11) diffundieren kann, wobei der Einfluss von Austrittsarbeitsänderungen durch Adsorption an der Oberfläche der sensiven Schicht (14) weitgehend eliminiert ist.

8. Gassensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die p-leitende Schicht (11) direkt über die sensible Schicht (14) oder über eine Verbindungs metallisierung elektrisch kontaktiert ist.

9. Gassensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die n-leitende Schicht (12) der pn-Diode über einen ohmschen Kontakt und eine niederohmige n<sup>+</sup>-Schicht (13) elektrisch kontaktiert ist.

10. Gassensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die sensible Schicht (14) aus einem Edelmetall gefertigt ist, bevorzugt aus Platin und/oder Palladium, oder zeolithisches Material umfasst.

11. Gassensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch Dotieratome, die im Halbleitermaterial als Akzeptoren wirken und durch Wasserstoff passiviert werden, bevorzugt Magnesium oder Bor.

12. Gassensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass er aus GaN, AlN, InN, Si und/oder SiC gefertigt ist.

13. Verfahren zur Detektion von Wasserstoff, bei dem ein Halbleiter-Bauelement (10; 20), das eine sensible Schicht (14) umfasst, mit einem zu messenden Gas in Kontakt gebracht wird und der elektrische Widerstand des Halbleiter-Bauelements (10; 20) gemessen wird, dadurch gekennzeichnet, dass als Halbleiter-Bauelement (10; 20) eine pn-Diode verwendet wird.

14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass es bei einer Betriebstemperatur von über 100°C durchgeführt wird, bevorzugt über 300°C, insbesondere im Bereich von 350°C.

15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, dass die pn-Diode in Sperrrichtung betrieben wird.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass es mit einem Gassensor

nach einem der Ansprüche 1 bis 14 durchgeführt wird.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

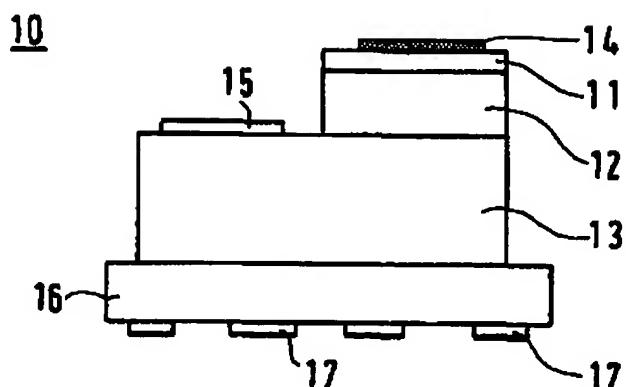


FIG.1

FIG.2

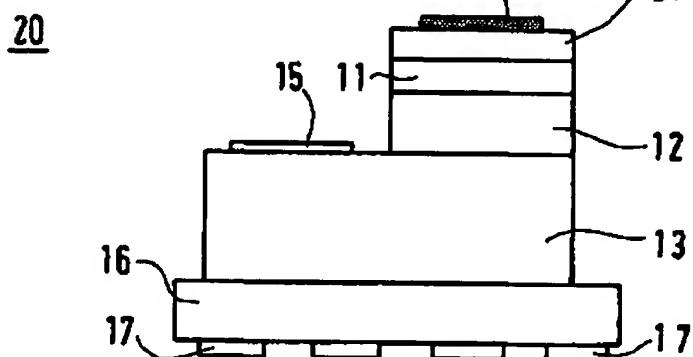
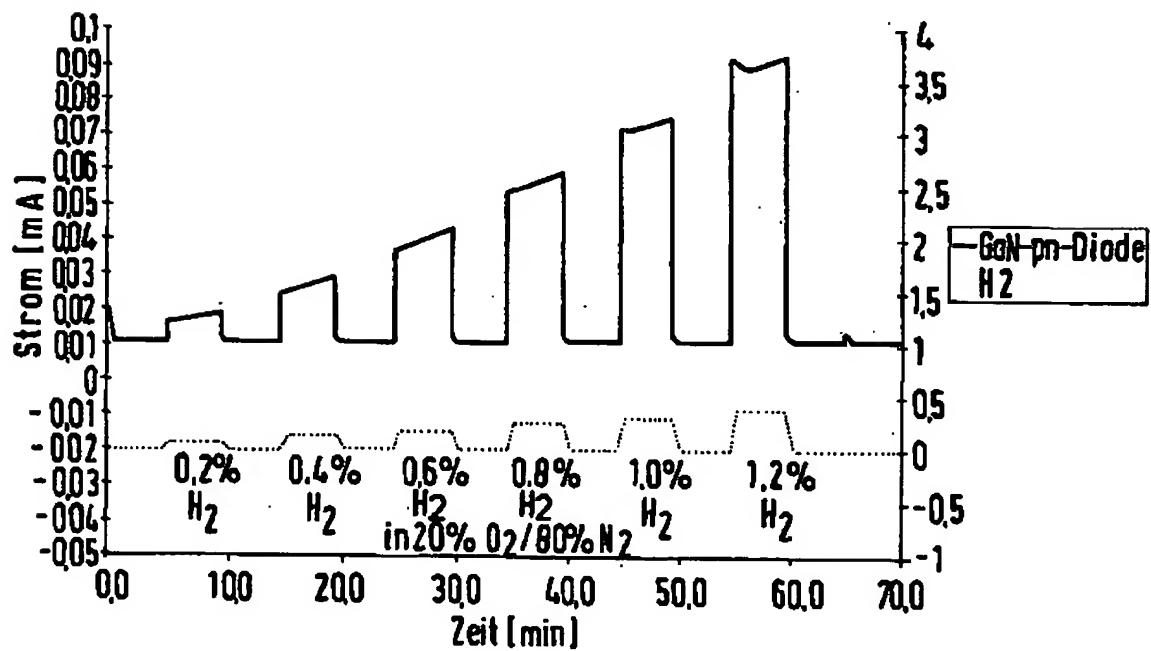


FIG.3